

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 756 693

(21) N° d'enregistrement national : 97 14935

(51) Int Cl<sup>6</sup> : H 04 J 14/02, H 04 B 10/12

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 27.11.97.

(30) Priorité : 29.11.96 JP 31958696.

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 05.06.98 Bulletin 98/23.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : NEC CORPORATION — JP.

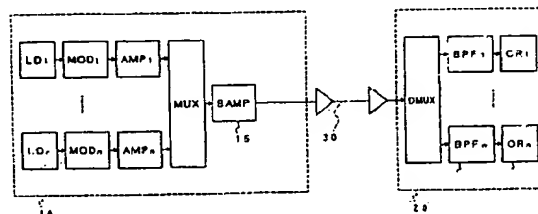
(72) Inventeur(s) : WATANABE SEIJI.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : SOCIETE DE PROTECTION DES  
INVENTIONS.

(54) SYSTEME DE TRANSMISSION MULTIPLEXEE EN LONGUEUR D'ONDE OPTIQUE.

(57) On décrit un système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique comprenant des répéteurs, dans lesquels une dispersion ( $\Delta$  (S/B)) des rapports S/B des composantes en longueur d'onde optique d'un signal multiplexé optique au niveau d'une unité réceptrice optique devient nulle. Dans ce système, l'unité réceptrice optique est munie d'un filtre optique égalisant les rapports S/B ayant de telles caractéristiques de perte que les rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde optique d'un signal de réception optique au niveau de l'unité réceptrice optique deviennent sensiblement identiques.



FR 2 756 693 - A1



SYSTEME DE TRANSMISSION MULTIPLEXEE EN LONGUEUR D'ONDE  
OPTIQUE

Contexte de l'invention

La présente invention a trait à un système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique utilisant des répéteurs, et en particulier à un système de transmission dans lequel une pluralité de signaux lumineux multiplexés en longueur d'onde sont transmis à travers une ligne de transmission optique ayant une pluralité de répéteurs-amplificateurs optiques.

Le système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique utilisant les répéteurs se compose fondamentalement d'une unité émettrice optique, d'une unité réceptrice optique et d'une ligne de transmission optique reliant l'unité émettrice optique à l'unité réceptrice optique. L'unité émettrice optique comprend des première à  $n^{\text{ième}}$  sources lumineuses, des premier à  $n^{\text{ième}}$  modulateurs optiques correspondant respectivement aux première à  $n^{\text{ième}}$  sources lumineuses, des premier à  $n^{\text{ième}}$  amplificateurs optiques, un coupleur optique pour multiplexer les signaux optiques provenant des amplificateurs optiques respectifs et un amplificateur optique d'appoint, où  $n$  est un nombre entier supérieur à 1. L'unité réceptrice optique inclut un distributeur de lumière, un filtre passe-bande et un récepteur optique pour recevoir les signaux lumineux respectifs. La ligne de transmission optique comprend habituellement une pluralité de répéteurs-amplificateurs optiques.

Dans l'unité de transmission optique, les sources lumineuses émettent des signaux optiques ayant respectivement des longueurs d'onde différentes, de la première à la  $n^{\text{ième}}$ . Ces signaux optiques sont appliqués aux modulateurs optiques respectifs. Les signaux optiques modulés provenant des modulateurs optiques sont amplifiés

-2-

respectivement par les amplificateurs optiques, multiplexés en longueur d'onde par le coupleur optique et appliqués à l'amplificateur optique d'appoint. L'amplificateur optique d'appoint amplifie le signal optique multiplexé en longueur d'onde et un signal multiplexé en longueur d'onde optique résultant est transmis de l'unité émettrice optique en tant que signal d'émission optique, relayé par la pluralité des répéteurs-amplificateurs optiques de la ligne de transmission optique et appliqué à l'unité réceptrice optique.

L'unité réceptrice optique reçoit le signal de transmission optique en tant que signal de réception optique, le distributeur optique fait bifurquer le signal de réception optique vers un premier à un  $n^{\text{ième}}$  signal optique. Les signaux optiques bifurqués sont appliqués respectivement aux filtres passe-bande optiques. Chacun des filtres passe-bande optiques ne permet que le passage d'un des signaux optiques qui possède une longueur d'onde prédéterminée qu'on leur a assignée. Les signaux optiques traversant les filtres passe-bande sont appliqués respectivement du premier au  $n^{\text{ième}}$  récepteur optique.

Dans le système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique qui utilise les répéteurs et qui possèdent la construction susmentionnée, les rapports S/B (rapports signal/bruit) optiques du signal optique de transmission sont fonction des niveaux de signal des composantes en longueur d'onde optique du signal optique après la transmission et le bruit optique, à savoir, l'émission spontanée amplifiée (désignée dans la suite comme "ASE") créée dans les répéteurs-amplificateurs optiques dans la ligne de transmission. Toutefois, en raison des caractéristiques gain-longueur d'onde du répéteurs-amplificateur optique, l'atténuation de la composante en longueur d'onde optique du signal optique

5 multiplexé en longueur d'onde est d'autant plus grande que sa longueur d'onde est la plus éloignée d'une longueur d'onde centrale du signal optique multiplexé. En résultat, il existe une grande dispersion des rapports S/B produits  
10 entre les composantes en longueur d'onde optique du signal de réception optique après la transmission. Lorsqu'une telle grande dispersion des rapports S/B optiques existe entre les composantes respectives en longueur d'onde optique, l'unité réceptrice optique ne peut recevoir avec précision le signal de transmission optique multiplexé.

On décrit par exemple dans Neal. S. Bergano et al., "40 Gb/s WDM Transmission of Eight 5 Gb/s Data Channels Over Transoceanic Distances using the Conventional NRZ Modulation Format", OFC495, publication postérieure, PD 19-1 à PD 19-5, 24 février 1995, un exemple d'un procédé pour  
15 éliminer une telle dispersion des rapports S/B optiques, à savoir en égalisant les rapports S/B optiques. Suivant le procédé décrit, après construction d'une ligne de transmission optique possédant une pluralité de répéteurs  
20 optiques, on mesure le spectre optique au niveau de l'extrémité réceptrice de la ligne de transmission optique. Sur la base du résultat de la mesure, les niveaux des signaux des composantes en longueur d'onde optique des signaux optiques de transmission respectifs sont régulés  
25 dans une unité réceptrice optique afin d'égaliser les rapports S/B optiques des composantes en longueur d'onde optique du signal optique de réception. On répète ces modes opératoires jusqu'à ce que les rapports S/B optiques des composantes en longueur d'onde du signal optique de  
30 réception deviennent exactement identiques.

Toutefois, le procédé d'égalisation classique susmentionné présente quelques problèmes. Un premier de ces problèmes est que, après la construction de la ligne de transmission optique, il est nécessaire de réguler les

-4-

niveaux des signaux optiques de transmission dans l'unité émettrice optique en communiquant entre les extrémités opposées de la ligne de transmission, ce qui est très gênant. Un deuxième problème consiste en ce que, puisque  
5 l'on ne connaît une plage de régulation des niveaux optiques des composantes respectives en longueur d'onde du signal optique dans l'unité émettrice optique qu'après la construction de la ligne de transmission, il est nécessaire de prévoir au préalable une plage de régulation très large  
10 du niveau de signal optique dans l'unité émettrice optique.

#### Résumé de l'invention

En conséquence, un but de la présente invention est de résoudre ce problème en fournissant un système capable  
15 d'égaliser facilement les rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde optique d'un signal optique reçu par une unité réceptrice optique.

Selon la présente invention, un système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique  
20 possédant des répéteurs comprend une unité émettrice optique pour transmettre un signal multiplexé en fréquence optique, une ligne de transmission optique possédant une pluralité d'amplificateurs optiques, une unité réceptrice optique pour recevoir le signal optique multiplexé en  
25 longueur d'onde et des filtres optiques d'égalisation des rapports S/B (signal/bruit). Le filtre optique égalisant les rapports S/B possède de telles caractéristiques de perte qu'il égalise pour l'essentiel les rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde  
30 optique du signal optique reçu par l'unité réceptrice optique.

Dans un autre aspect de la présente invention, un système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique possédant des répéteurs comprend une unité

émettrice optique pour transmettre un signal optique multiplexé en longueur d'onde, une ligne de transmission optique possédant une pluralité d'amplificateurs optiques et une unité réceptrice optique pour recevoir le signal  
5 optique multiplexé en longueur d'onde, dans lequel on fait varier les niveaux de puissance de sortie d'une pluralité de sources lumineuses de l'unité émettrice optique de sorte que les rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde optique du signal optique reçu par  
10 l'unité réceptrice optique sont pour l'essentiel égaux les uns par rapport aux autres.

L'unité émettrice optique comprend des sources lumineuses correspondant en nombre aux composantes en longueur d'onde du signal optique à multiplexer, des  
15 modulateurs optiques correspondant en nombre aux composantes en longueur d'onde de signal optique, un coupleur optique pour multiplexer les composantes en longueur d'onde de signal optique et un filtre optique égalisant les rapports S/B fourni avec les signaux lumineux  
20 multiplexés. Le filtre optique égalisant les rapports S/B possède de telles caractéristiques de perte qu'il égalise pour l'essentiel les rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde optiques du signal optique reçu par l'unité réceptrice optique.

25 En variante, l'unité émettrice optique comprend des sources lumineuses correspondant en nombre aux composantes en longueur d'onde optique à multiplexer, des modulateurs optiques correspondant en nombre aux composantes en longueur d'onde du signal optique et un coupleur ou  
30 multiplexeur optique pour multiplexer les composantes en longueur d'onde optique, dans laquelle les composantes en longueur d'onde optique du signal optique d'émission transmis par l'unité émettrice optique possèdent de tels niveaux de puissance de sortie qui pour l'essentiel

-6-

égalisent les rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde optique du signal optique de réception reçu par l'unité réceptrice optique.

Les caractéristiques de perte du filtre optique  
5 égalisant les rapports S/B constituent une caractéristique inverse de la caractéristique de variation de gain de la ligne de transmission optique possédant une pluralité d'amplificateurs optiques et elle possède une variation en niveau de sortie optique de -40% à -60% par rapport à celle  
10 de la caractéristique de variation de gain de la ligne de transmission optique pour le signal optique multiplexé en longueur d'onde, et les niveaux de puissance de sortie de la pluralité des sources lumineuse de l'unité émettrice optique possèdent une variation inverse de niveau de sortie  
15 optique de -40% à -60% par rapport à celle de la caractéristique gain-variation de la ligne de transmission optique pour le signal optique multiplexé en longueur d'onde.

En utilisant un tel système, procédé et unité  
20 émettrice optique, il est possible d'égaliser facilement les rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde optiques du signal optique de réception reçu par l'unité réceptrice optique.

25 Brève description des dessins

Ce qui précède et d'autres buts, caractéristiques et avantages de la présente invention deviendront plus évidents à la lecture de la description détaillée suivante, faites en référence aux dessins annexés dans lesquels:

30 La figure 1 est un synoptique d'un exemple d'un système de transmission optique classique multiplexée en longueur d'onde possédant des répéteurs;

La figure 2 représente un procédé classique d'égalisation d'une dispersion des rapports S/B optiques;

-7-

La figure 3 est un synoptique présentant une forme de réalisation d'un système de transmission optique multiplexée en longueur d'onde possédant des répéteurs, selon la présente invention;

5 Les figures 4A à 4F présentent un procédé d'égalisation d'une dispersions des rapports S/B optiques, selon la présente invention;

La figure 5A est un graphique présentant une caractéristique gain en fonction de la longueur d'onde d'un  
10 répéteur-amplificateur optique;

La figure 5B est un graphique présentant une caractéristique gain en fonction de la longueur d'onde d'une ligne de transmission optique;

La figure 5C est un graphique présentant une  
15 caractéristique de perte d'un filtre optique égalisant les rapports S/B;

La figure 6A présente un spectre optique d'un signal optique émis; et

La figure 6B présente un spectre optique d'un signal  
20 optique reçu.

#### Description détaillée des formes de réalisation préférées

D'abord, on décrira un exemple d'un système de  
25 transmission multiplexée classique en longueur d'onde optique utilisant des répéteurs en référence aux dessins. En se référant à la figure 1, une unité émettrice optique 10 comprend des diodes laser LD1 à LDn correspondant en nombre aux composantes en longueur d'onde d'un signal  
30 optique qui doit être multiplexé, des modulateurs MOD1 à MODn reliés aux sorties des diodes laser respectives, et des amplificateurs optiques AMP1 à AMPn reliés aux sorties des modulateurs optiques respectifs. L'unité réceptrice optique 10 comprend de plus un coupleur ou multiplexeur



optique MUX pour multiplexer les signaux lumineux ayant les composantes respectives en longueur d'onde et un amplificateur optique d'appoint BAMP 15 qui amplifie et transmet le signal optique ayant des composantes  
5 multiplexées en longueur d'onde par l'intermédiaire du coupleur ou multiplexeur optique MUX. On fait passer le signal optique ayant les composantes multiplexées en longueur d'onde à travers une ligne de transmission optique  
30 munie d'une pluralité de répéteurs-amplificateurs optiques et on les fait bifurquer au moyen d'un distributeur ou démultiplexeur de lumière DMUX de l'unité réceptrice optique 20. Les composantes dérivées du signal optique traversent des filtres passe-bande BP1 à BPn et sont reçues respectivement par des récepteurs optiques OR1  
15 à ORn.

Les figures 2A à 2F présentent un procédé d'égalisation de la dispersion des rapports S/B optiques dans l'unité réceptrice optique 20, dans lequel les figures 2A, 2B et 2C présentent une relation entre le niveau de  
20 signal optique et la longueur d'onde dans l'unité émettrice optique 10 et les figures 2D, 2E et 2F présentent une relation entre le niveau de signal optique et la longueur d'onde dans l'unité réceptrice 20. Tel que présenté à la figure 2A, le signal optique ayant les composantes  
25 respectives en longueur d'onde est transmis avec les mêmes niveaux de puissance de sortie par l'unité émettrice optique 10 en tant que signal de transmission optique et on mesure les rapports S/B des composantes respectives en longueur d'onde au moyen de l'unité réceptrice optique 20  
30 tel que présenté à la figure 2D. Puis, dans l'unité émettrice optique 10, on modifie les niveaux de puissance de sortie des composantes respectives en longueur d'onde du signal de transmission optique tel qu'indiqué à la figure 2B en se basant sur la relation mesurée entre la puissance

de sortie optique et la longueur d'onde optique présentée à la figure 2D et le signal de transmission optique ayant les composantes en longueur d'onde optique dont les niveaux de puissance de sortie ont changé est de nouveau transmis tel  
5 que présenté à la figure 2B. De manière similaire, on modifie à nouveau les niveaux de puissance de sortie des composantes en longueur d'onde tel que présenté à la figure 2C selon la relation mesurée présentée à la figure 2E et, finalement, les niveaux de puissance de sortie des  
10 composantes en longueur d'onde sont régulés dans l'unité réceptrice optique 20 de sorte que la dispersion des rapports S/B de celles-ci deviennent nuls ( $\Delta S/B = 0$ ) tel qu'indiqué à la figure 2F. Toutefois, selon ce procédé, les niveaux de signal optique doivent être régulés de manière  
15 répétée dans l'unité émettrice optique 10 au moyen de modes opératoires fastidieux.

A présent, on décrira une forme de réalisation du système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique utilisant des répéteurs selon la présente invention  
20 en référence à la figure 3. Le système présenté à la figure 3 diffère du système classique présenté à la figure 1 en ce qu'une unité émettrice optique 10 comprend, outre les sources lumineuses LD1 à LDn, des modulateurs MOD1 à MODn, des amplificateurs AMP1 à AMPn, un coupleur ou multiplexeur  
25 optique MUX et un amplificateur d'appoint BAMP 15 qui sont les mêmes que ceux de l'unité émettrice optique classique 10, un filtre optique égalisant les rapports S/B PEF 16 relié à un terminal de sortie de l'amplificateur optique d'appoint BAMP 15. Le filtre optique égalisant les rapports  
30 S/B PEF 16 fonctionne pour filtrer la sortie d'un signal optique multiplexé amplifié provenant de l'amplificateur optique d'appoint BAMP 15 qui sera décrit plus loin.

Dans la présente invention, le filtre optique égalisant les rapports S/B PEF 16 possède de telles

-10-

caractéristiques que la déviation de niveau (expression logarithmique) des composantes respectives en longueur d'onde optique du signal optique de transmission émis à partir de l'unité émettrice optique 10 est réglé à -40% jusqu'à -60% de la variation de gain (expression logarithmique) de la ligne de transmission 30. A savoir, plus le niveau de puissance de sortie de la composante en longueur d'onde optique du signal optique de transmission provenant de l'unité émettrice optique 10 est élevé, plus la différence de la longueur d'onde de celle-ci par rapport à une longueur d'onde centrale du signal optique transmis est grande. Sur la base de cette caractéristique du filtre optique égalisant les rapports S/B, PEF 16, on égalise la dispersion des rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde optique du signal de transmission optique transmis à travers une ligne de transmission optique 30, de sorte que les rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde optique du signal de réception optique au niveau d'un terminal de sortie de la ligne de transmission optique 30, à savoir le signal de réception optique reçu par une unité réceptrice 20, deviennent égaux. On va décrire le principe grâce auquel on obtient cet effet en référence aux figures 4A à 4F, dans lesquelles les figures 4A, 4B et 4C présentent des niveaux de puissance de sortie optique des composantes en longueur d'onde respectives des signaux de transmission optiques au niveau de l'unité de transmission 10, et les figures 4B, 4E et 4F indiquent les niveaux de puissance des composantes en longueur d'onde des signaux de réception optiques au niveau de l'unité réceptrice optique 20. Les figures 4A et 4B présentent respectivement la relation entre le niveau de signal optique et la longueur d'onde du signal de transmission optique dans l'unité émettrice optique 10 et cette même relation du signal de

réception optique dans l'unité réceptrice 20, dans un cas où les niveaux de puissance de sortie (expression logarithmique) des composantes respectives en longueur d'onde optique du signal de transmission au niveau de l'unité émettrice optique 10 sont rendus égaux entre eux, les figures 4B et 4E présentent respectivement la relation entre le niveau de signal optique et la longueur d'onde du signal de transmission optique au niveau de l'unité émettrice optique 10 et cette même relation du signal de réception optique au niveau de l'unité réceptrice 20, dans un cas où l'on ajuste les niveaux de puissance de sortie (expression logarithmique) des composantes respectives en longueur d'onde optique du signal de transmission au niveau de l'unité émettrice optique 10 à la moitié de la variation de gain (expression logarithmique) de la ligne de transmission 30 et les figures 4C et 4F présentent respectivement la relation entre le niveau de puissance de sortie et la longueur d'onde du signal de transmission optique au niveau de l'unité émettrice optique 10 et cette même relation du signal de réception optique au niveau de l'unité réceptrice 20, dans un cas où l'on ajuste les niveaux de puissance de sortie (expression logarithmique) des composantes respectives en longueur d'onde optique du signal de transmission au niveau de l'unité émettrice optique 10 pour qu'ils soient égaux à la variation de gain (expression logarithmique) de la ligne de transmission optique 30.

En supposant que la variation de gain de chacun parmi une pluralité (m) de répéteurs-amplificateurs optiques de la ligne de transmission optique est  $\Delta g$  [dB], la variation de gain  $\Delta G$  de la ligne de transmission optique possédant les m répéteurs-amplificateurs optiques devient  $\Delta G = (\Delta g)^m$  [dB]. Dans le cas présenté dans les figures 4A et 4B, la variation de niveau  $\Delta P$  (expression logarithmique) du signal

-12-

optique après la transmission devient  $\Delta P = \Delta G$  [dB]. Puisque du bruit optique (ASE) est créé dans chacun des répéteurs-amplificateurs optiques respectifs et transmis à travers une pluralité de répéteurs dans la ligne de transmission optique 30, la variation de niveau  $\Delta N$  (expression logarithmique) devient  $\Delta N = \Delta G/2$  [dB]. En conséquence, la dispersion  $\Delta(S/B)$  (expression logarithmique) des rapports S/B des composantes respectives en longueur d'onde optique après transmission devient  $\Delta(S/B) = \Delta G/2$  [dB].

Dans le cas présenté dans les figures 4C et 4F, lorsque la variation de niveau de signal optique dans l'unité émettrice optique 10 est réglé tel que  $\Delta P = -\Delta G$  [dB], les niveaux des composantes respectives en longueur d'onde du signal de réception optique au niveau du terminal de sortie de la ligne de transmission optique 30 deviennent égaux entre eux. Lorsque la variation de niveau du bruit optique (ASE) est  $\Delta N = \Delta G/2$  [dB], plus le rapport S/B optique de la composante en longueur d'onde optique est mauvais, plus la longueur d'onde est proche de la longueur d'onde centrale contrairement au cas présenté aux figures 4A et 4D et en conséquence, la dispersion (expression logarithmique) du rapport S/B optique devient  $\Delta(S/B) = -\Delta G/2$  [dB].

Dans le cas présenté aux figures 4B et 4E, lorsque la variation du niveau de signal optique au niveau de l'unité émettrice optique 10 est ajusté à  $\Delta P = -\Delta G/2$  [dB], plus le niveau optique de la composante en longueur d'onde est élevé, plus celle-ci est loin de la longueur d'onde centrale, comparé à celle plus proche de la longueur d'onde centrale. Puisque la variation (expression logarithmique) de niveau de signaux de composantes respectives en longueur d'onde du signal de réception optique après transmission devient  $\Delta P = \Delta G/2$  [dB] et que la variation (expression

-13-

logarithmique) du niveau de bruit optique est de  $\Delta N = \Delta G/2$  [dB], la dispersion (expression logarithmique) des rapports S/B optique devient  $\Delta(S/B) = 0$  [dB]. Tel quel, la variation de niveau (expression logarithmique) des composantes respectives en longueur d'onde optique du signal de transmission optique au niveau de l'unité émettrice optique est ajustée à sensiblement à -50% par rapport à la variation de gain (expression logarithmique) de la ligne de transmission 30. Bien qu'il soit préférable de l'ajuster à -50% exactement, on peut utiliser dans la pratique une plage de -40% à -60%.

D'ailleurs, plusieurs équations utilisées dans cette description ont été déduites par les présents inventeurs avant la date de priorité de cette demande tel que mentionné ci-dessous.

Afin d'obtenir le  $\Delta SNR$  ( $\Delta(S/B)$ ) entre les canaux WDM, on suppose que (1) tous les EDFA possèdent les mêmes caractéristiques de gain, (2) la même figure de bruit sans aucune dépendance en longueur d'onde, et (3) toutes les fibres déployées possèdent la même perte, et on définit que (4)  $g_0$  est le gain du canal de référence au niveau de chaque EDFA qui est égal à la perte de chaque fibre déployée, et (5) le  $\Delta SNR_k$  est le rapport du  $SNR_k$  pour le  $k^{ième}$  canal au  $SNR_0$  pour le canal de référence après transmission. Sous ces hypothèses et définitions, le  $\Delta SNR_k$  du  $k^{ième}$  canal est donné par les équations suivantes (1), (2) et (3).

30

$$\Delta SNR_k = \frac{\Delta P_k \Delta G_k}{\left( \sum_{i=1}^N (\Delta g_k)^i \right) / N} = \frac{\Delta S}{\Delta B}$$

avec

-14-

$$\Delta P_k = \frac{P_k}{P_{g0}}$$

$$\Delta G_k = (\Delta g_k)^N = \left(\frac{g_k}{g_0}\right)^N$$

5 où l'indice  $k$  désigne le  $k^{\text{ième}}$  canal,  $N$  est le nombre de  
EDFA,  $P_{g0}$  est la puissance de sortie du canal de référence  
au niveau de l'émetteur,  $P_k$  est la puissance de sortie du  
10  $k^{\text{ième}}$  canal au niveau de l'émetteur,  $g_k$  est le gain du  $k^{\text{ième}}$   
canal par rapport au canal de référence à chaque EDFA,  $\Delta P_k$   
qui désigne le facteur de préaccentuation de canal est la  
puissance de sortie relative du  $k^{\text{ième}}$  canal par rapport au  
canal de référence de l'émetteur.  $\Delta G_k$  est le gain relatif  
du  $k^{\text{ième}}$  canal après transmission. L'équation (1) indique  
15 que l'on peut calculer le  $\Delta \text{SNR}_k$  au moyen des valeurs  
relatives  $\Delta P_k$ ,  $\Delta g_k$  et  $N$ . ensuite, on déduit l'équation pour  
le facteur de préaccentuation de canal  $\Delta P_k$  à partir de  
l'équation (1). A la condition que  $\Delta \text{SNR}_k = 1$ , qui signifie  
que le  $\text{SNR}_k$  est égal au  $\text{SNR}_0$ , on obtient le facteur de  
20 préaccentuation de canal  $\Delta P_k$  à l'aide de l'équation  
suivante (4).

$$\Delta P_k = \frac{(\sum_{i=1}^N (\Delta g_k)^i) / N}{\Delta G_k}$$

Dans les conditions  $N > 10$  et  $\Delta G < 5$  dB, on peut  
25 grossièrement estimer  $\Delta P_k$  à l'aide de la simple équation  
suivante (5).

$$\Delta P_k = (\Delta G_k)^{-0.5}$$

30 où  $\Delta G_k$  est inférieur à 5 dB.

-15-

En utilisant l'équation (5), on peut calculer le facteur de préaccentuation de canal  $\Delta P_k$  uniquement par le gain relatif  $\Delta G_k$  de chaque canal. La puissance de sortie de chaque canal au niveau de l'émetteur est ajustée par  $\Delta P_k$ , puis le  $\Delta SNR_k$  après transition est égalisé et le rapport SNR de tous les canaux prend une même valeur.

La figure 5A est un graphique des caractéristiques gain-longueur d'onde du récepteur amplificateur optique, montrant que sa variation de gain  $\Delta G$  est  $\Delta g$  [dB] dans une gamme de longueur d'onde  $\Delta \lambda$ . Les caractéristiques de gain en fonction de la fréquence de la ligne de transition optique 30 présentée à la figure 5B dépendent du nombre  $m$  de répéteurs-amplificateurs optiques dans la ligne de transition optique et la variation  $\Delta G$  dans la plage de longueur d'onde  $\Delta \lambda$  est de  $(\Delta g)^m$ . Les caractéristique de perte en fonction de la fréquence  $\Delta F$  [dB] du filtre optique égalisant le rapport S/B 16 sont rendues égales à  $\Delta F/2$  [dB] dans la plage des longueurs d'onde  $\Delta \lambda$ .

La figure 6A présente le spectre optique du signal de transmission optique au niveau de l'unité émettrice optique 10. Les niveaux de puissance de sortie des signaux optiques multiplexés au niveau du coupleur optique sont égaux au niveau d'une portion de sortie de l'amplificateur optique 15. Après passage à travers le filtre optique égalisant les rapports S/B 16, les niveaux de puissance de sortie des signaux respectifs (composantes en longueur d'onde optique) constituent une sortie avec une variation de niveau  $\Delta P$  ( $\Delta P = -\Delta G/2$ ) [dB], tel que présenté à la figure 6B.

Le signal optique transmis à travers la ligne de transmission optique 30 est incident sur l'unité réceptrice optique 20, le niveau de puissance de sortie de la composante en longueur d'onde plus éloignée de la longueur d'onde centrale du signal optique étant plus atténué. Le bruit optique (ASE) créé au niveau des répéteurs-



-16-

amplificateurs optiques dans la ligne de transmission optique 30 s'accumule progressivement en passant à travers les répéteurs, de sorte que la dispersion  $\Delta(S/B)$  des rapports S/B optiques des composantes en longueur d'onde optique respectives du signal de réception optique au niveau de l'unité réceptrice optique 20 s'annule et les rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde optique deviennent identiques.

On considérera un exemple concret du système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique utilisant des répéteurs optiques dans les conditions suivantes la distance de transmission de la ligne de transmission optique 30 de 3 200 km, nombre  $m$  de répéteurs-amplificateurs optiques de 40 avec une distance entre répéteurs adjacents de 80 km, on envoie en entrée un signal optique contenant 8 composantes en longueur d'onde ( $n = 8$ ) avec une distance entre longueurs d'onde adjacentes de 1,6 nm et une plage de longueur d'onde  $\Delta\lambda$  de 11,2 nm. De plus, on suppose dans ce cas que la variation de gain  $\Delta g$  de chaque répéteur-amplificateur optique est de 0,2 dB. Dans cet exemple, la variation de gain  $\Delta G$  de la ligne de transmission optique 30 devient 8,0 dB. En supposant que les caractéristiques de perte du filtre optique égalisant les rapports sont  $\Delta F = 4,0$  dB ( $=\Delta G/2$ ), la variation de niveau de composantes en longueur d'onde du signal de transmission optique provenant de l'unité émettrice optique 10 devient  $\Delta P = -4,0$  dB ( $= -\Delta G/2$ ) et la variation de niveau des composantes en longueur d'onde du signal de transmission optique provenant de l'unité émettrice optique 10 devient  $\Delta P = 4,0$  dB ( $= \Delta G/2$ ). D'autre part, la variation de niveau du bruit optique créé au niveau des répéteurs-amplificateurs optiques et s'accumulant lors du passage à travers les répéteurs, devient  $\Delta B = 4,0$  dB ( $=\Delta G/2$ ). Dans les conditions susmentionnées, la dispersion des rapports

-17-

S/B optiques des composantes en longueur d'onde optique du signal de réception optique après transmission devient sensiblement nulle.

Comme mentionné ci-dessus, dans la présente invention, 5 il est possible d'utiliser, au lieu du filtre optique égalisant les rapports S/B, des moyens de production de la variation de niveau optique en ajustant les niveaux de puissance de sortie d'une pluralité de sources lumineuses dans les unités émettrices optiques.

10 On peut réaliser le filtre optique égalisant les rapports S/B en utilisant le filtre connu Etaron ou un filtre à réseau de fibres.

Tel que décrit précédemment, selon la présente invention, il est possible d'ajuster facilement les 15 rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde du signal de réception optique au niveau de l'unité réceptrice optique.

Alors que l'on a décrit la présente invention en liaison avec certaines formes de réalisation préférées, on 20 doit comprendre que le sujet en question englobé par la présente invention n'est pas limité à ces formes de réalisation spécifiques. Au contraire, il est prévu d'inclure toutes variantes, modifications et équivalents que l'on peut inclure dans l'esprit et la portée des 25 revendications suivantes.

-18-

Revendications

1. Système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique utilisant des répéteurs, comprenant :
- 5 une unité émettrice optique pour transmettre un signal optique multiplexé en longueur d'onde optique;
- une ligne de transmission optique comprenant une pluralité d'amplificateurs optiques;
- une unité réceptrice optique pour recevoir le signal optique multiplexé en longueur d'onde; et
- 10 un filtre optique égalisant les rapports S/B ayant de telles caractéristiques de pertes que les rapports S/B optiques des composantes en longueur d'onde optique d'un signal de réception optique au niveau de ladite unité réceptrice optique sont rendus sensiblement identiques.
- 15 2. Système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique utilisant des répéteurs, comprenant :
- une unité émettrice optique pour transmettre un signal optique multiplexé en longueur d'onde;
- une ligne de transmission optique comprenant une pluralité d'amplificateurs optiques; et
- 20 une unité réceptrice optique pour recevoir le signal optique multiplexé en longueur d'onde,
- dans lequel les niveaux de puissance de sortie d'une pluralité de sources lumineuses fournies dans ladite unité émettrice optique possèdent une variation de niveau optique
- 25 au moyen duquel les rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde optique d'un signal de réception optique au niveau de ladite unité réceptrice optique sont rendus sensiblement identiques.
- 30 3. Système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique selon la revendication 1, ledit filtre optique égalisant les rapports S/B étant fourni dans ladite unité émettrice optique.

-19-

4. Système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique selon la revendication 1, ledit filtre optique égalisant les rapports S/B étant un filtre Etaron.
5. Système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique selon la revendication 1, ledit filtre optique égalisant les rapports S/B étant un filtre à réseau de fibres.
- 10 6. Système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique selon la revendication 1, ledit filtre optique égalisant les rapports S/B possédant des caractéristiques de perte ayant la variation de niveau de puissance de sortie optique de -40% à -60% des caractéristiques de variation de gain de ladite ligne de transmission optique comprenant la pluralité desdits  
15 amplificateurs optiques pour le signal multiplexé en longueur d'onde optique.
- 20 7. Système de transmission multiplexée en longueur d'onde optique selon la revendication 2, les niveaux de puissance de sortie de la pluralité desdites sources lumineuses de ladite unité émettrice optique possédant une variation de niveau de puissance optique de -40% à -60% des caractéristiques de variation de gain de ladite ligne de transmission optique comprenant la pluralité desdits  
25 amplificateurs optiques pour le signal multiplexé en longueur d'onde optique.
- 30 8. Unité émettrice optique comprenant des sources lumineuses correspondant en nombre aux composantes en longueur d'onde du signal optique à multiplexer, des modulateurs correspondant en nombre aux composantes en longueur d'onde optique à multiplexer, des amplificateurs optiques correspondant en nombre aux composantes en longueur d'onde du signal optique à multiplexer, un coupleur optique pour multiplexer les composantes respectives en longueur d'onde de signal optique et un

-20-

5 filtre optique égalisant les rapports S/B pour recevoir les signaux lumineux multiplexés et dans laquelle ledit filtre optique égalisant les rapports S/B possède des caractéristiques de perte au moyen desquelles les rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde optique du signal de réception optique au niveau de ladite unité réceptrice optique sont rendus sensiblement identiques.

10 9. Unité émettrice optique comprenant des sources lumineuses correspondant en nombre aux composantes en longueur d'onde d'un signal optique à multiplexer, des modulateurs correspondant en nombre aux composantes en longueur d'onde du signal optique à multiplexer, des amplificateurs optiques correspondant en nombre aux  
15 composantes en longueur d'onde du signal optique à multiplexer et un coupleur optique pour multiplexer les longueurs d'onde respectives de signal optique, et dans laquelle les niveaux de puissance de sortie des composantes respectives en longueur d'onde transmises sont choisis de  
20 telle sorte que les rapports S/B optiques des composantes respectives en longueur d'onde optique du signal de réception optique au niveau de ladite unité réceptrice optique sont rendus sensiblement identiques.

1/5

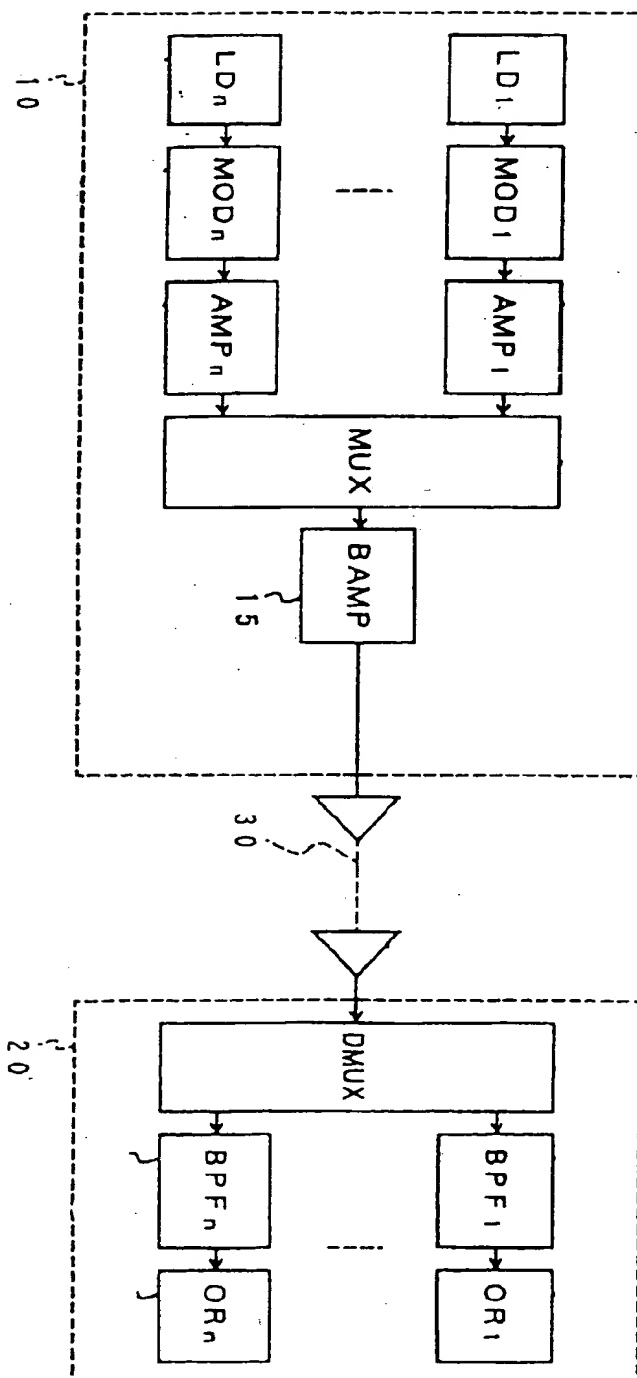


FIGURE 1

2/5

FIGURE 2A

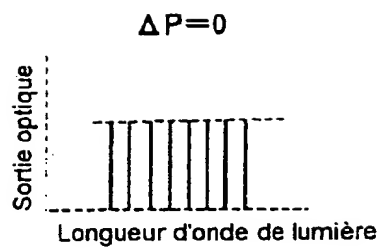


FIGURE 2D



FIGURE 2B

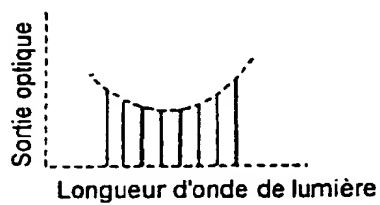


FIGURE 2E



FIGURE 2C

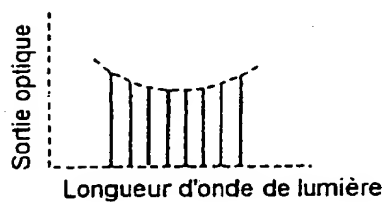
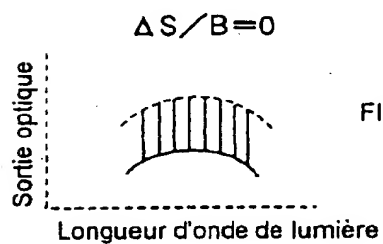


FIGURE 2F



3/5

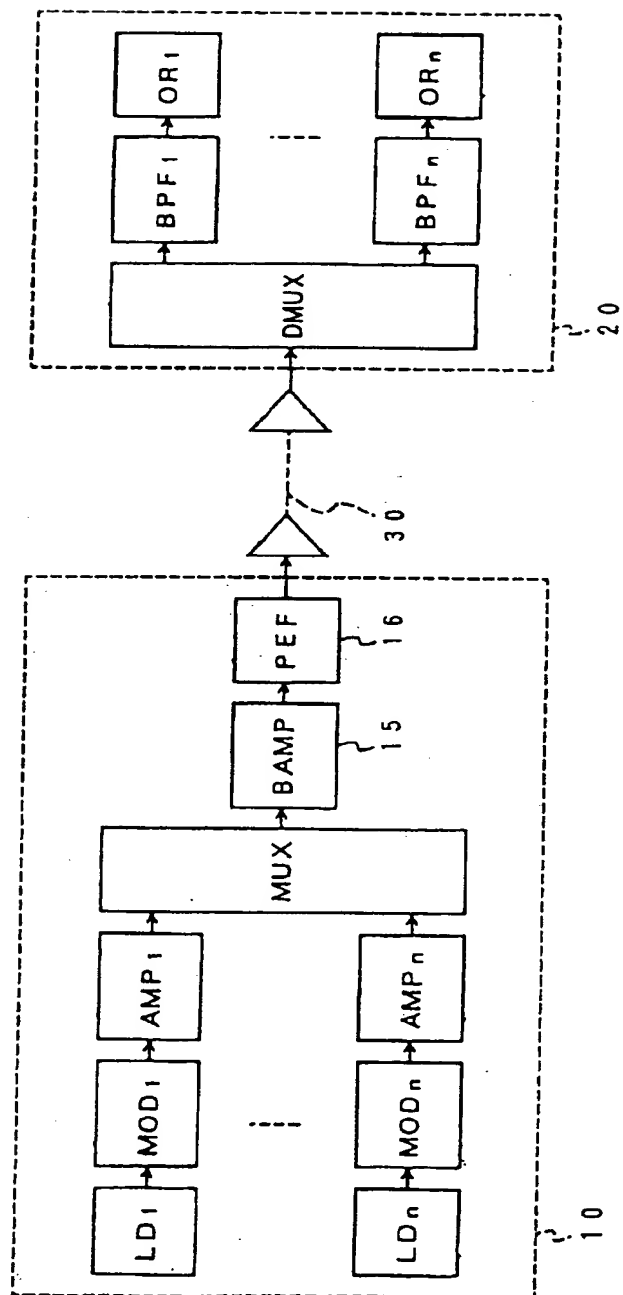


FIGURE 3



4/5

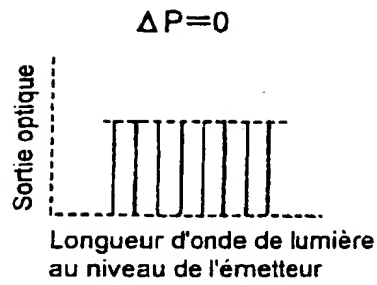


FIGURE 4A

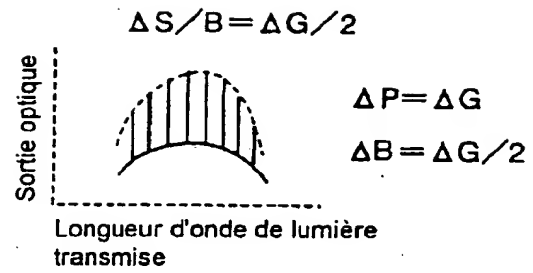


FIGURE 4D

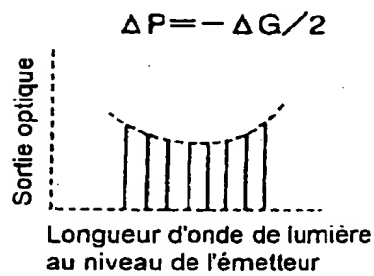


FIGURE 4B

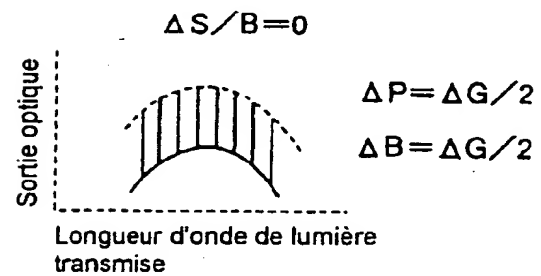


FIGURE 4E

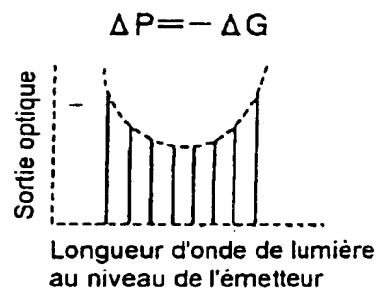


FIGURE 4C

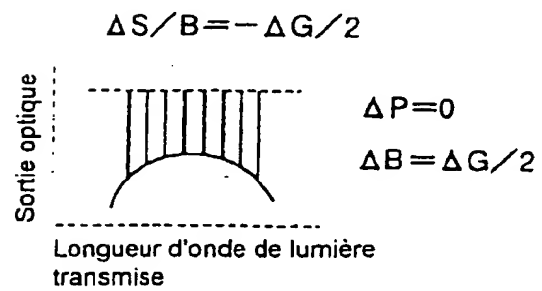


FIGURE 4F

5/5

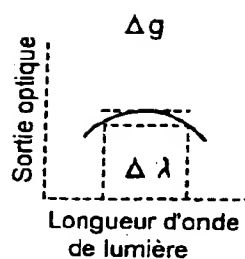


FIGURE 5A

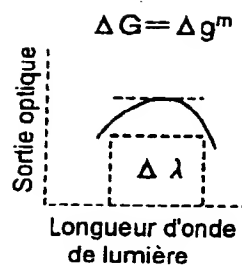


FIGURE 5B

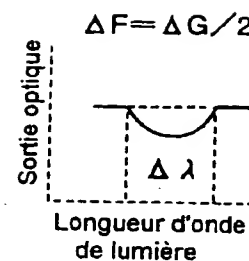


FIGURE 5C

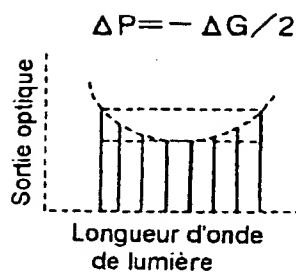


FIGURE 6A

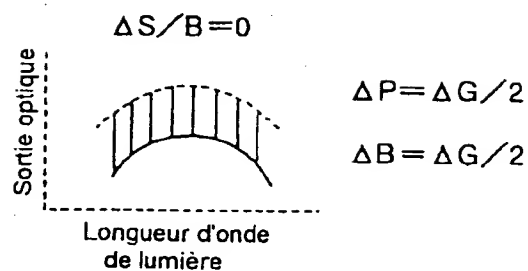


FIGURE 6B